



## **TRABAJO FIN DE GRADO**

Comparación entre Entrenamiento Aeróbico Continuo de Intensidad Moderada y HIIT en Personas con Sobrepeso u Obesidad con Diferentes Estados Nutricionales:  
Alimentado Vs Noche de Ayuno

**Autor:** D. Alejandro Sánchez Delgado

**Tutor Académico:** D. José Castro Piñero

**Modalidad/Temática:** Actividad Física y Salud

**Grado en Ciencias de la Actividad Física y el Deporte**

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN

UNIVERSIDAD DE CÁDIZ

Curso Académico: 2014 / 2015

Puerto Real, Junio de 2015

# ÍNDICE

<b>1. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA</b>	<b>1</b>
1.1. <i>Resumen del programa</i>	1
1.2. <i>Motivación hacia la iniciativa y objetivos personales</i>	1
1.3. <i>Indicar en qué ayudará la experiencia profesional previa, si es el caso, en la presente iniciativa</i>	1
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b>	<b>3</b>
2.1. <i>Introducción teórica al problema de salud social</i>	3
2.2. <i>Análisis de las estrategias afines</i>	5
<b>3. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE PROMOCIÓN DE LA SALUD</b>	<b>7</b>
3.1. <i>Población diana</i>	7
3.2. <i>Objetivos</i>	7
3.3. <i>Descripción detallada de la estrategia</i>	8
3.4. <i>Cronograma</i>	15
3.5. <i>Recursos disponibles</i>	16
3.6. <i>Viabilidad de la estrategia propuesta</i>	16
3.7. <i>Medios de evaluación y control del programa</i>	17
3.8. <i>Resultados esperados</i>	17
<b>4. CONCLUSIONES Y VALORACIONES PERSONALES</b>	<b>18</b>
<b>5. BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>19</b>
<b>6. ANEXOS</b>	<b>23</b>

# 1. JUSTIFICACIÓN DEL PROGRAMA

## 1.1. Resumen del programa

El programa de intervención consiste en comparar dos programas de entrenamiento, acompañados de una dieta hipocalórica, y la influencia de dos estados nutricionales antes de entrenar: noche de ayuno y alimentados, en personas sedentarias con sobrepeso u obesidad. Un programa de entrenamiento será entrenamiento aeróbico continuo de intensidad moderada y otro entrenamiento interválico de alta intensidad (HIIT), durante 8 semanas, realizando 3 sesiones semanales (lunes, miércoles y viernes). Las intensidades de trabajo serán del 65% del  $VO_{2pico}$  para el grupo de entrenamiento aeróbico continuo y del 90 % de la frecuencia cardíaca máxima para el grupo HIIT durante el intervalo de trabajo, con el fin de observar si hay cambios en la composición corporal, en el consumo máximo de oxígeno y en la capacidad oxidativa muscular de los participantes.

## 1.2. Motivación hacia la iniciativa y objetivos personales

El tema me parece bastante interesante, ya que no hemos obtenido ninguna información a lo largo de la carrera sobre él. Además, es una temática que no está muy estudiada, ya que tras realizar una búsqueda sistemática he encontrado pocos estudios al respecto y sin uniformidad en los resultados.

Los objetivos personales que pretendo conseguir son:

- Aprender conocimientos científicos sobre el entrenamiento en estado de ayuno.
- Conocer una nueva forma de entrenamiento.
- Aprender a programar un entrenamiento en estado de ayuno.

## 1.3. Indicar en qué ayudará la experiencia profesional previa, si es el caso, en la presente iniciativa

Cuando era más pequeño y tenía sobrepeso, a menudo me iba a correr sin desayunar con el objetivo de perder grasa corporal, ya que pensaba que si no ingería alimentos por la mañana iba a gastar la grasa que tenía acumulada. Deje de entrenar de esta manera y abandone esa forma de entrenamiento. Después fui a la universidad y aprendí mejor el uso de los sustratos energéticos durante el ejercicio.

Un día en un curso sobre el entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad (HIIT) impartido por López Chicharro, comentó algo sobre el entrenamiento en ayunas, y dijo que si nuestro objetivo era la utilización de grasas deberíamos de vaciar antes nuestros depósitos de glucógeno. Entonces, el entrenamiento en “ayunas” refiriéndose a sin desayunar no era útil, sin embargo, dijo que la mayoría

de los artículos de entrenamiento en ayunas eran tras una noche de ayuno. En este momento decidí que mi trabajo de fin de grado iba a estar orientado al entrenamiento tras una noche de ayunas.

## 2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

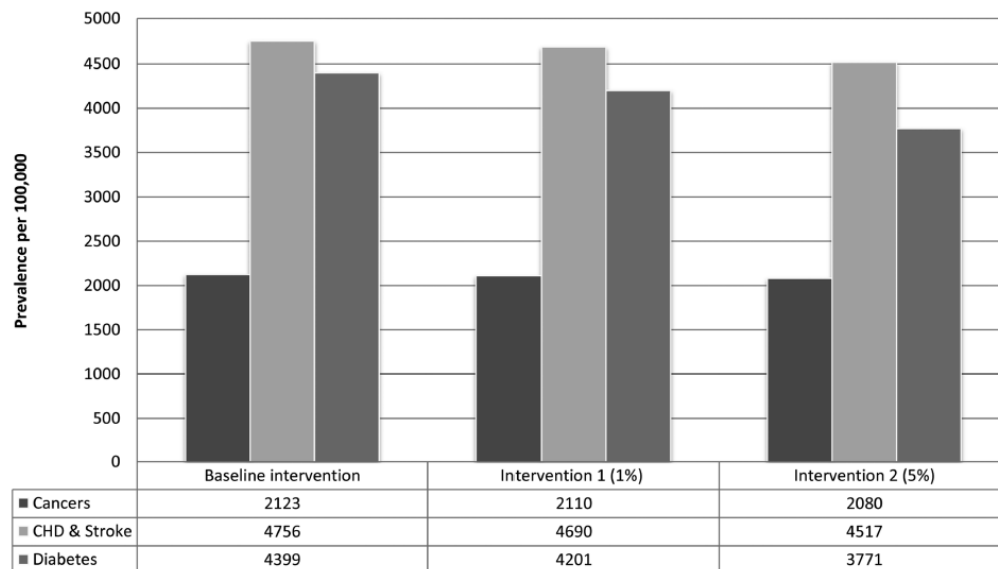
### 2.1. Introducción teórica al problema de salud

El sobrepeso y la obesidad, entendidos como un exceso de grasa corporal o en su defecto por un índice de masa corporal (IMC) superior a 25 Kg/ m<sup>2</sup> (Casarnús, José Antonio; Vicente-Rodríguez, 2011), se está convirtiendo rápidamente en un importante problema de salud pública en muchas partes del mundo (World Health Organization, 2000). El aumento de la prevalencia de sobrepeso y obesidad está asociado a muchas enfermedades crónicas como la diabetes mellitus, enfermedades cardiovasculares, accidentes cerebrovasculares, hipertensión y ciertos tipos de cáncer (Poirier et al., 2006; Prospective Studies Collaboration, 2009).

En Europa, las estadísticas son preocupantes: en 46 países (que representan el 87% de la región), más del 50% de los adultos tienen sobrepeso o son obesos, y en varios de los países la tasa es cerca del 70% de la población adulta (Oms, 2015). Por ejemplo, en España de cada 100 adultos, 17 padecen obesidad y 37 presentan sobrepeso. La obesidad ha aumentado del 7,4% al 17,0% en los últimos 25 años (Ministerio de Sanidad y Consumo, 2013), lo que significa que un 54 % de la población española presenta sobrepeso u obesidad.

Según Martín-Ramiro, Alvarez-Martín, & Gil-Prieto, (2013), en el año 2006 se produjeron en España 25.671 muertes atribuibles al exceso de peso, (16.405 en varones y 9.266 en mujeres), lo que representa un 15,8% del total de muertes en varones y un 14,8% en mujeres. Pero si nos referimos a aquellas causas donde el exceso de peso es un factor de riesgo (diabetes mellitus, cáncer y enfermedades cardiovasculares), las cifras se elevan hasta el 31,6% en varones y el 28% en mujeres, siendo la causa más frecuente de mortalidad atribuible a la enfermedad cardiovascular (58% del total), y la segunda causa la tumoral. Dentro de las muertes de enfermos con diabetes tipo 2, el exceso de peso fue el desencadenante principal de un 70% de fallecimientos en varones y un 80% en mujeres.

Por otra parte, las enfermedades no transmisibles, tales como la diabetes mellitus, cáncer y enfermedades coronarias, son la principal causa de muerte en Europa (Webber et al., 2014), observándose que una forma de disminuir la prevalencia de estas enfermedades es mediante la reducción del IMC de la población. Por ejemplo, una reducción de un 1% en el IMC se ha estimado que puede reducir de 179.000 a 202.000 casos de diabetes tipo II, 122.000 casos de enfermedades cardiovasculares y de 32.000 a 33.000 casos de cáncer (Wang, McPherson, Marsh, Gortmaker, & Brown, 2011). En la figura 1 se muestra la relación existente entre el sobrepeso y la obesidad con la prevalencia de enfermedades no transmisibles, observándose como disminuyendo el IMC se reduce la prevalencia de estas enfermedades no transmisibles (Webber et al., 2014).



**Figura 1.** Prevalencia total proyectada para el año 2030 por 100000 de la población de 53 países europeos miembros de la OMS (Webber et al., 2014). CHD, significa enfermedad cardíaca coronaria.

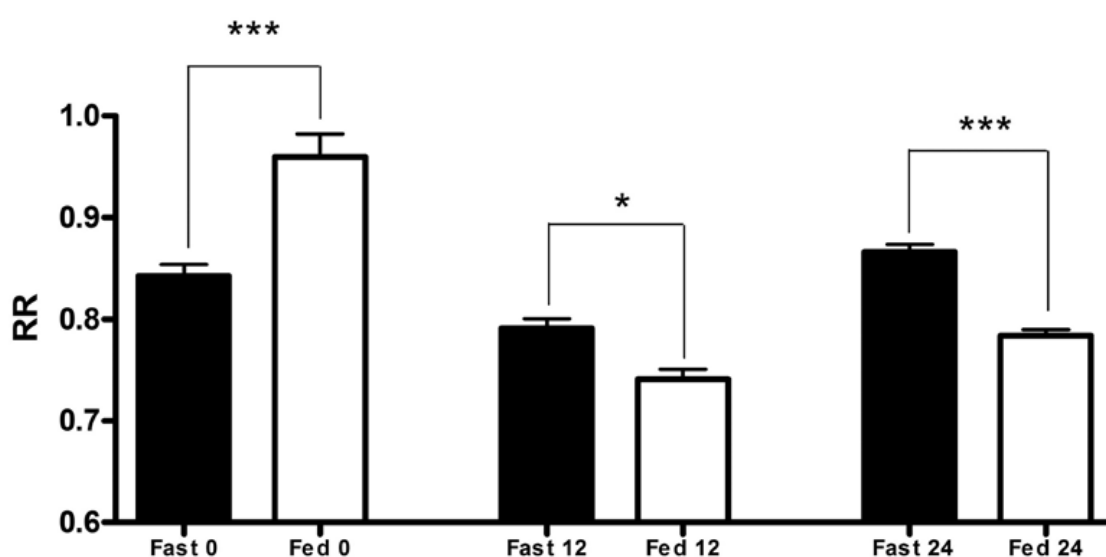
Además, la reducción ligera de peso corporal reduce la hipercolesterolemia, el riesgo de diabetes, teniendo los siguientes beneficios cardiovasculares: descenso del volumen sanguíneo, descenso del gasto cardíaco, descenso de la presión capilar pulmonar, descenso de la masa ventricular izquierda, mejora la disfunción sistólica y diastólica ventricular izquierda, descenso del consumo de oxígeno en reposo, descenso de la presión arterial, descenso de la frecuencia cardíaca, descenso del intervalo QT corregido y aumento de la variabilidad del ritmo cardíaco (Morales Salinas & Coca, 2010).

Afortunadamente, la obesidad es un factor de riesgo modificable, que depende en gran parte del estilo de vida (Han et al., 2015), destacando la actividad física y la alimentación. Existe una fuerte evidencia científica que indica que la práctica de actividad física previene la ganancia de peso corporal y favorece la pérdida de peso corporal, especialmente cuando se combinan con una reducción de ingesta de alimentos (Carbonell, Aparicio, Ruiz, Ortega, & Delgado, 2010)

Puesto que el control del peso corporal se basa en el equilibrio entre el gasto energético y la ingesta de alimentos (Hall et al., 2012), últimamente se está utilizando una estrategia que consiste en entrenar tras una noche de ayuno para acelerar la pérdida de grasa corporal (Kang et al., 2013). Sin embargo todavía no está muy estudiado y los resultados obtenidos no son concluyentes. Por lo tanto el objetivo de mi investigación será comprobar los beneficios de dos programas de intervención en ayunas sobre la composición corporal, la capacidad oxidativa muscular y el volumen máximo de oxígeno ( $VO_{2 \text{ pico}}$ ) en adultos sedentarios con sobrepeso u obesidad.

## 2.2. Análisis de las estrategias afines

Para comenzar este apartado mostraré de forma gráfica que sucede cuando se entrena un día aislado en ayunas. Como demostraron Paoli et al. (2011) en su estudio, el coeficiente RR durante el entrenamiento en ayunas fue menor que en los sujetos alimentados, lo que significa que durante la realización del ejercicio el grupo ayunas utilizó más lípidos como combustible y el grupo alimentado utilizó más hidratos de carbono. Sin embargo, a las 12 horas y 24 horas estos valores se invirtieron mostrando diferencias significativas entre ambos grupos (figura 2).



**Figura 2.** Diferencias en el ratio de cambio respiratorio (RR) entre los protocolos de ayuno (columnas negras) y alimentados (columnas blancas) durante la sesión de ejercicio, 12 horas y 24 horas después del ejercicio (Paoli et al., 2011). \* $p < .05$ ; \*\*\* $p < .001$ .

Podríamos pensar, según lo expuesto, que entrenar en estado de ayuno un día aislado no es eficaz. Por esta razón los programas de intervención suelen durar entre 4 y 6 semanas (De Bock et al., 2008; Schoenfeld, Aragon, Wilborn, Krieger, & Sonmez, 2014; Spina et al., 1996; Stannard, Buckley, Edge, & Thompson, 2010; Trabelsi et al., 2012; Van Proeyen, Szlufcik, Nielens, Ramaekers, & Hespel, 2011). (Anexo I). La mayoría de los estudios consultados, o trabajan con ejercicios continuos para mejorar la resistencia aeróbica o trabajan con entrenamiento interválico aeróbico de alta intensidad (HIIT), pero ninguno compara que modelo es más eficaz. En mi estudio pretendo comparar ambos métodos de entrenamiento, en estado de ayunas y en estado alimentado.

Al estar analizando dos formas de entrenamiento distintas, entrenamiento HIIT y entrenamiento de resistencia continuo, se hace difícil establecer el periodo de intervención. No obstante Schoenfeld et al. (2014) recomiendan que el programa de intervención debe durar más de 4 semanas para observar más cambios a parte de la pérdida de peso corporal.

Y efectivamente pude observar que el entrenamiento que mayores mejoras producía en las variables que pretendo analizar es de resistencia aeróbica, tiene una duración de 6 semanas y se realizan 4 sesiones por semana (Van Proeyen et al., 2011). Al principio me pareció una buena opción, pero en la literatura consultada se suelen realizar 3 sesiones de entrenamiento HIIT por semana (Gillen, Percival, Ludzki, Tarnopolsky, & Gibala, 2013; Smith-ryan, Melvin, & Wingfield, 2015; Tjønnha et al., 2013), concluyendo por lo tanto que realizar 3 sesiones por semana es lo más adecuado.

Sin embargo De Bock et al. (2008) no encontraron cambios significativos tras la aplicación de un programa de intervención de resistencia aeróbica de 6 semanas de duración y 3 sesiones por semana. Ante tal situación, he decidido aumentar las semanas del programa de intervención a 8 semanas, realizando 3 sesiones por semana. Con el fin de realizar el mismo número de sesiones que realizaron (Van Proeyen et al., 2011).

A la hora de seleccionar el volumen de la muestra, decidí contar con 10 sujetos en cada grupo, ya que es el número de muestra que utilizan en la mayoría de estudios analizados (Anexo I). Por lo tanto, necesitaré una muestra de 40 adultos sedentarios con sobrepeso u obesidad que serán divididos en cuatro grupos de 10 personas. La distribución de la muestra se puede observar más claramente en el siguiente apartado de este documento.

Respecto a la intervención nutricional, todos los artículos analizados controlan el momento de ingesta de alimentos (Anexo I). Sin embargo, solo 3 estudios controlan el tipo y cantidad de alimentos ingeridos (De Bock et al., 2008; Schoenfeld et al., 2014; Van Proeyen et al., 2011). De estos estudios, solamente Schoenfeld et al. (2014) utilizan una dieta hipocalórica, ya que uno de los objetivos de su estudio es comparar los cambios en la composición corporal de su muestra.

Puesto que este es uno de los objetivos de mi investigación, utilizaré una dieta hipocalórica en la que reduciré en 500 Kcal el metabolismo basal de cada participante (Schoenfeld et al., 2014). Para calcular el metabolismo basal de los participantes utilizaré la fórmula de Harris & Benedict (1918), que actualmente es una de las fórmulas que más se usa dada su fuerte relación con la calorimetría indirecta (Lopes, Santiago, Bressan, & Martínez, 2014).

$$\text{Hombres MB} = 66 + [13,7 \times P \text{ (Kg)}] + [5 \times T \text{ (cm)}] - [6,8 \times \text{edad (años)}]$$

$$\text{Mujeres MB} = 655 + [9,6 \times P \text{ (Kg)}] + [1,8 \times T \text{ (cm)}] - [4,7 \times \text{edad (años)}]$$

Todos los sujetos tendrán los mismos porcentajes de nutrientes todos los días, 65 % hidratos de carbono, 15% proteínas y 20 % grasas (De Bock et al., 2008; Van Proeyen et al., 2011), siendo la única diferencia entre ambos grupos las horas de ingesta de alimentos.



### 3. PLANIFICACIÓN Y DESARROLLO DE UN PROGRAMA DE PROMOCIÓN DE LA SALUD

#### 3.1. Población diana

##### Participantes

40 adultos jóvenes sedentarios con sobrepeso y obesidad, serán incluidos en el estudio. La muestra será por conveniencia y se dividirán en 4 grupos:

- Alimentado y entrenamiento aeróbico continuo (AEAC) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Ayuno y entrenamiento aeróbico continuo (AYEAC) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Alimentado y Entrenamiento interválico (AHIIT) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Ayuno y Entrenamiento interválico (AYHIIT) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres

El protocolo de estudio será presentado al comité ético de la Universidad de Cádiz, de acuerdo a los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos de la declaración de Helsinki de la asociación médica mundial (Helsinki, 2008).

Todos los sujetos serán informados sobre el diseño del estudio, así como los riesgos que pueden ocasionarse durante el desarrollo de este antes de firmar el consentimiento informado (Anexo II)

#### 3.2. Objetivos

El objetivo general del estudio es:

- Observar la influencia del estado nutricional antes de entrenar (noche de ayuno vs alimentados), y del tipo de entrenamiento realizado (::)), sobre la composición corporal, la capacidad oxidativa muscular y el volumen máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{ pico}}$ ) en adultos sedentarios con sobrepeso y obesidad.

Los objetivos específicos del estudio son:

- Comparar que tipo de entrenamiento, EAC o HIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{ pico}}$ ).
- Comparar que estado nutricional antes del entrenamiento, ayuno o alimentado, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de

grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ ).

- Comparar que tipo de programa de intervención, AEAC o AYEAC, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Comparar que tipo de programa de intervención, AEAC o AHIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Comparar que tipo de programa de intervención, AEAC o AYHIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Comparar que tipo de programa de intervención, AYEAC o AHIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Comparar que tipo de programa de intervención, AYEAC o AYHIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Comparar que tipo de programa de intervención, AHIIT o AYHIIT, es más eficaz para la reducción de peso corporal, reducción de grasa corporal, para la mejora de la capacidad oxidativa muscular y la mejora del volumen máximo de oxígeno ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ )
- Observar si los posibles cambios se producen igual en todos los participantes independientemente de su género.

### 3.3. Descripción detallada de la estrategia

El protocolo experimental que utilizaré en mi estudio consistirá en tres fases: 1º mediciones iniciales, 2º periodo de entrenamiento y 3º mediciones post-entrenamiento. Durante el periodo de entrenamiento se realizará una evaluación de control para reajustar las cargas de trabajo.

**1º mediciones iniciales.** Nueve días antes del periodo de entrenamiento los participantes se someterán a un test incremental para calcular su consumo de oxígeno pico ( $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$ ), este test se realizará en un cicloergómetro electrónicamente frenado (Lode Excalibur Sport V 2.0, Groningen, Países Bajos), utilizando un procedimiento similar al descrito anteriormente por (Gillen et al., 2013). El test incremental consistirá en 5 minutos de calentamiento a 50 W, a continuación la resistencia se irá incrementando en 1 W cada 2 s hasta el agotamiento del sujeto o hasta que la cadencia de pedaleo sea inferior a 50 rpm. El consumo de oxígeno y la producción de dióxido de carbono se obtendrán a partir de un analizador de gases (Moxus sistema de captación de oxígeno modular, AEI Technologies, Pittsburgh, PA). El  $\text{VO}_{2 \text{ pico}}$  se considerará como el consumo de oxígeno más alto durante un

período de 15 segundos. Durante la realización de esta prueba, también se obtendrá la potencia pico (Wmax) y la frecuencia cardíaca máxima (FCmáx).

En el quinto y cuarto día antes del periodo de entrenamiento a los participantes se les evaluará su composición corporal y se le obtendrán muestras de tejido muscular mediante biopsias musculares.

### Composición corporal

El peso corporal se obtendrá mediante una báscula (Seca, Hamburgo, Alemania), la altura se medirá mediante un estadiómetro (Holtain Ltd, Crymmych, Pembs, Reino Unido). El índice de masa corporal (IMC) se calculará como el peso (Kg) dividido entre la altura al cuadrado ( $m^2$ ).

Para calcular el porcentaje de grasa corporal y masa muscular se usará el DEXA (Absorciometría dual de Rayos X), pues está considerado un gold standard para evaluar la composición corporal (Toombs, Ducher, Shepherd, & De Souza, 2012). Los sujetos serán escaneados mediante un sistema DEXA (Lunar Prodigy Advance, Madison, WI), fijado a velocidad media y la relación de colimación medio. Los sujetos se colocarán en posición tendido supino sobre la mesa del DEXA, con los brazos separados del tronco, los pies del participante se apoyan en una caja acolchada para aplanar la pelvis y la parte inferior de la columna y permanecerán inmóviles durante todo el proceso de escaneo. (Glickman, Marn, Supiano, & Dengel, 2004). Los participantes deberán de realizar la prueba en ayunas y no deberán ingerir alimentos ricos en calcio 24 horas antes de la prueba.

### Biopsia muscular (actividad enzimática)

La muestra de tejido muscular se obtendrá utilizando la técnica de biopsia con aguja (Bergström, 1962), utilizando una jeringa de 50 ml. Aproximadamente se eliminará 80-200 mg de tejido muscular del vasto lateral de la pierna derecha, colocándose la muestra directamente sobre papel secante (para absorber cualquier resto de sangre), después el tejido será sumergido en nitrógeno líquido.

Las porciones divididas se colocarán en crioviales etiquetados y almacenados en nitrógeno líquido a  $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$  para su posterior análisis (Stannard et al., 2010). La máxima actividad de la citrato sintasa (CS) y la  $\beta$ -hidroxiacil coenzima A deshidrogenasa ( $\beta$ -HAD) se obtendrá utilizando ensayos espectrofotométricos enzimáticos como fue anteriormente descrito por den Hoed, Hesselink, van Kranenburg, & Westerterp, (2008)

**2º periodo de entrenamiento:** el periodo de entrenamiento estará constituido por el protocolo de entrenamiento y la intervención nutricional.

### Protocolo de entrenamiento

El programa tendrá una duración de 8 semanas con 3 sesiones semanales (Lunes, Miércoles y Viernes) estas sesiones serán distintas para el grupo entrenamiento de resistencia y para el grupo entrenamiento interválico.

- Alimentado y entrenamiento aeróbico continuo (AEAC) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Ayuno y entrenamiento aeróbico continuo (AYEAC) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Alimentado y Entrenamiento interválico (AHIIT) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres
- Ayuno y Entrenamiento interválico (AYHIIT) (n=10); 5 hombres, 5 mujeres

#### Entrenamiento aeróbico continuo

La sesión durarán 50 minutos, 5 minutos de calentamiento donde se realizarán ejercicios de movilidad articular , 40 minutos de parte principal que consistirá en montar en bicicleta al 65% del  $VO_{2\text{ pico}}$ , intensidad idónea para producir cambios en la capacidad oxidativa muscular (Spina et al., 1996). A continuación realizaban 5 minutos de vuelta a la calma que consistía en estiramientos activos.

#### Entrenamiento interválico

Las sesiones del entrenamiento interválico duraban 30 minutos y estaban compuestas por: 5 minutos de calentamiento en la que los sujetos realizaban movilidad articular, 20 minutos de parte principal que consistían en 10 series de 1 minuto de trabajo y un minuto de descanso activo en bicicleta a una intensidad del 90 % de la  $FC_{\text{máx}}$ . (Gillen et al., 2013) (Little, Safdar, Wilkin, Tarnopolsky, & Gibala, 2010)

Los grupos AHIIT y AYHIIT entrenaran los lunes, miércoles y viernes de 08:00h a 08:30h, mientras que los grupos AEAC y AYEAC entrenarán de 8:30h a 9:20h. Todos los entrenamientos serán realizados en bicicletas estáticas (Up Right Bike SE, Lifefitness, USA) que cuentan con pulsómetro.

A la sexta semana de entrenamiento se les volverá a pasar a los participantes una prueba de esfuerzo como prueba de evaluación control, exactamente igual a la realizada en el periodo de mediciones iniciales, para reajustar las intensidades de trabajo.

### Intervención nutricional

La intervención nutricional, que también tendrá 8 semanas de duración, consistirá en una dieta hipocalórica que deberán seguir todos los participantes del estudio independientemente del grupo al que pertenezca, ayunas o alimentados. La única diferencia entre los dos grupos serán las horas de ingestas de alimentos.

La dieta consiste en reducir en 500 Kcal el gasto metabólico total de cada individuo, los porcentajes diarios de cada nutriente son:

- 65% Hidratos de carbono
- 15% Proteínas
- 20% Grasas

Las diferencias entre los grupos ayuno y alimentados serán las siguientes:

- Los grupos de ayuno, AYEAC y AYHIIT, no ingerirán ningún alimento después de las 20:00h del día previo al entrenamiento, hasta después de entrenar, es decir sobre las 08:30h el grupo AYHIIT, y sobre las 9:20 el grupo AYEAC.
- Los grupos de alimentados, AEAC y AHIIT, deben de ingerir alimentos durante la cena y una hora antes de entrenar.
- Los grupos alimentados ingerían un desayuno 60 min antes del entrenamiento que les aportaba 300 Kcal (85% HC 6% lipidos 9% proteína). Por el contrario los grupos ayunos, que como hemos comentado anteriormente, realizarán ayuno desde la noche, ingerirán el mismo desayuno que el grupo alimentado, pero después de entrenar.

Para calcular el gasto metabólico total debemos de obtener primero el gasto metabólico basal y el factor de actividad. El gasto metabólico basal lo obtenemos a partir de las ecuaciones de Harris & Benedict (1918):

$$\text{Hombres MB} = 66 + [13,7 \times P \text{ (Kg)}] + [5 \times T \text{ (cm)}] - [6,8 \times \text{edad (años)}]$$

$$\text{Mujeres MB} = 655 + [9,6 \times P \text{ (Kg)}] + [1,8 \times T \text{ (cm)}] - [4,7 \times \text{edad (años)}]$$

A continuación, obtendremos el factor de actividad (Subcommittee on the Tenth Edition of the Recommended Dietary Allowances, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, National Research Council, 1989), para ello el día que se evalúa la composición corporal mediante DEXA, los participantes deben de rellenar la siguiente tabla que se refiere a que tipo de actividad realizan durante todo el día y cuanto tiempo en horas se dedican a esta actividad. En este apartado habrá una diferencia entre los grupos HIIT, que se les anotará 15 minutos diarios de actividad alta, y los grupos de entrenamiento aeróbicos continuos que se les anotará 25 minutos de intensidad moderada. Aunque ambos entrenamientos tienen mayor duración, dividiré la duración entre 2 ya que hay días en los que los participantes entrenan y otros que no.

<b>Tabla 1.</b> Factor individual de actividad para el cálculo del gasto calórico			
<b>Tipo de actividad</b>	<b>GMB</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Total (GMB x Horas)</b>
Descanso	1		
Muy ligera	1,5		
Ligera	2,5		
Moderada	5		
Alta	7		
<b>Total</b>			
GMB: gasto metabólico basal.			

Una vez obtenido el total, se dividirá entre 24 horas y obtendremos el factor de actividad. Una vez que tengamos el gasto metabólico basal y el factor de actividad lo multiplicaremos y obtendremos el gasto calórico diario. Puesto que la dieta es hipocalórica, a este gasto calórico diario le restaremos 500 Kcal.

Una vez obtenido el gasto calórico diario y sabiendo las proporciones diarias de cada nutriente, realizaremos una dieta personalizada para cada participante a través del programa EasyDiet® (BIOCENTURY, S.L.U., Barcelona, España). Esta dieta le será entregada por correo electrónico dos días antes de que comience el periodo de entrenamiento.

A continuación expongo un ejemplo:

Datos del participante:

- Sexo: Hombre
- Edad: 25 años
- Peso: 86Kg
- Talla: 1.72m
- IMC: 29,1 Kg/m<sup>2</sup>
- Grupo: AYER

1º. Aplicamos la ecuación Harris Benedict para calcular su metabolismo basal:

$$\text{Hombres} = 66 + [13,7 \times P \text{ (Kg)}] + [5 \times T \text{ (cm)}] - [6,8 \times \text{edad (años)}]$$

$$\text{Gasto metabólico basal} = 1811,4 \text{ Kcal}$$

2º. Calculamos su factor de actividad a partir de los datos obtenidos el día en el que se evalúa la composición corporal.

<b>Tipo de actividad</b>	<b>GMB</b>	<b>Tiempo (horas)</b>	<b>Total (GMB x Horas)</b>
Descanso	1	11.5	11.5
Muy ligera	1,5	8	12
Ligera	2,5	4	10
Moderada	5	0.5	2.5
Alta	7	0	0
<b>Total</b>			<b>36</b>

A continuación divido 36 entre 24h que tiene el día y obtengo un factor de actividad de 1,5.

3º. Calculo el gasto calórico total

Gasto calórico = Gasto metabólico basal x Factor de actividad

Gasto calórico =  $1811,4 \times 1,5 = 2717,1$  Kcal

4º. Le aplico la reducción calórica

Gasto calórico =  $2717,1$  Kcal – 500 Kcal =  $2217,1$  Kcal

5º. Aplico los porcentajes de cada macronutriente

- 65% HC → 1441,1 kcal → 360 g
- 15% P → 332,6 kcal → 83,15 g
- 20% G → 443,4 kcal → 49,3 g

6º Una vez que tengo la cantidad de alimentos realizo dietas con el programa EasyDiet® y realizo la dieta que tiene que seguir cada día teniendo en cuenta las horas de ingestas de comida. En este caso como el sujeto pertenece al grupo ayuno, el día de antes de entrenar no puede consumir alimentos después de las 20:00h.

En el apartado de Anexos pueden consultar 3 ejemplos de dietas que el deportista debería seguir (Anexo III). Y en el anexo IV se muestra como sería la alimentación de este participante si perteneciera al grupo de alimentados.

Por último, en la siguiente tabla resumo a qué hora entrena cada grupo y cuando ingieren los alimentos:

<b>Tabla 2.</b> Horario de entrenamientos, tipo y horario de ingesta de alimentos según grupo			
<b>Grupo</b>	<b>Horario entrenamiento</b>	<b>Tipo de ingesta de alimentos</b>	<b>Horario de la ingesta</b>
<b>AHIIT</b>	08:00-08:30h	Cena día anterior	21:30h
		Desayuno	07:00h
<b>AYHIIT</b>	08:00-08:30h	Cena día anterior	19:00h
		Desayuno	08:30h
<b>AEAC</b>	08:30-09:20h	Cena día anterior	21:30h
		Desayuno	07:00h
<b>AYEAC</b>	08:30-09:20h	Cena día anterior	19:00h
		Desayuno	09:30h

**3º Mediciones post-entrenamiento:** Estas mediciones se realizarán la semana siguiente después del último viernes de entrenamiento. Se volverán a pasar las pruebas que se realizan en las mediciones iniciales para observar que cambios ha provocado nuestro programa de intervención sobre las variables que estamos analizando. Toda esta información se puede observar en la siguiente página de este documento.



### 3.4. Cronograma

A partir de la metodología de los artículos analizados (Anexo I), he confeccionado el siguiente cronograma:

Tabla 3. Cronograma del programa de intervención								
Semana	Etapa	Mediciones iniciales						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
1		P.E (n =20) AEAC y AYEAC	P.E (n =20) AHIIT Y AYHIIT		DEXA (n=10) AEAC	DEXA (n=10) AYEAC	DEXA (n=10) AHIIT BIO (n =20) AEAC y AYEAC	DEXA (n=10) AYHIIT BIO (n =20) AHIIT y AYHIIT
Semana	Etapa	Mediciones iniciales		Periodo de entrenamiento				
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
2				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
3				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
4				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
5				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento Evaluación control a los grupos EAC						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
6				ENTR.		ENTR.		P.E (n =20) AEAC y AYEAC
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento Evaluación control a los grupos HIIT						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
7				ENTR.		ENTR.		P.E (n=20) AHIIT y AYHIIT
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
8				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Periodo de entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
9				ENTR.		ENTR.		ENTR.
Semana	Etapa	Mediciones post-entrenamiento						
	Día	Sábado	Domingo	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
10			DEXA (n=10) AEAC	DEXA (n=10) AYEAC BIO (n =20) AEAC y AYEAC	DEXA (n=10) AHIIT BIO (n =20) AHIIT y AYHIIT	DEXA (n=10) AYHIIT	P.E (n =20) AEAC y AYEAC	P.E (n =20) AHIIT y AYHIIT

P.E: prueba de esfuerzo; DEXA: Absorciometría dual de rayos X; BIO: biopsia muscular; ENTR.: Entrenamiento; AEAC: alimentados entrenamiento aeróbico continuo; AYEAC: ayunas entrenamiento aeróbico continuo; AHIIT: alimentados entrenamiento interválico de alta intensidad; AYHIIT: ayunas entrenamiento interválico de alta intensidad.

### **3.5. Recursos disponibles**

Los recursos necesarios para esta investigación tienen un alto coste económico debido a la necesidad de materiales muy específicos y de un equipo multidisciplinar bastante completo. Por lo tanto los recursos que necesitaré serán los siguientes:

#### → Recursos materiales

- 1 DEXA (Lunar Prodigy Advance, Madison, WI)
- 1 Cicloergómetro (Lode Excalibur Sport V 2.0, Groningen, Países Bajos)
- 1 Analizador de gases (Moxus sistema de captación de oxígeno modular, AEI Technologies, Pittsburgh, PA)
- 20 jeringas de 50ml para biopsias musculares
- 20 bicicletas estáticas (Up Right Bike SE, Lifefitness, USA)
- 1 estadiómetro (Holtain Ltd, Crymmych, Pembrokeshire, Reino Unido)
- 1 báscula (Seca, Hamburgo, Alemania)
- Materiales médicos: papel secante, crioviales, nitrógeno líquido y demás materiales de laboratorio.

#### → Recursos económicos

Se intentará realizar un convenio entre la Universidad de Cádiz (UCA) y el Hospital Universitario Puerta del Mar (Cádiz) para realizar la investigación de forma conjunta y que nos permitan utilizar sus instalaciones, por su disposición tanto de DEXA como de otros materiales médicos.

#### → Recursos humanos

- Médico
- Nutricionista
- Graduado en ciencias de la actividad física y el deporte

#### → Recursos institucionales

Para llevar a cabo esta investigación se precisan de unas instalaciones bastante bien equipadas. Por ejemplo, el Hospital Universitario Puerta del Mar cuenta con DEXA, y personal cualificado para realizar biopsias musculares. Además, también se utilizarán las instalaciones de la UCA para realizar el resto de pruebas.

### **3.6. Viabilidad de la estrategia propuesta**

Para la subvención de los diversos materiales y costes de la investigación podremos solicitar fondos en becas de investigación como puedan ser las que ofertan el banco Santander, las ofertadas por Mapfre o las ofertadas por la Consejería de Salud de la Junta de Andalucía.

### **3.7. Medios de evaluación y control del programa.**

Para comprobar que la investigación se está realizando como se ha planificado contaremos con los siguientes medios de evaluación y de control del programa, que ya hemos citado en el apartado 3.3. Descripción detallada de la estrategia:

- Las pruebas de evaluación que se pasan en las mediciones iniciales servirán para establecer la intensidad de trabajo de cada participante.
- Durante todas las sesiones de entrenamiento un graduado en ciencias de la actividad física y el deporte estará controlando que se cumplan las intensidades de trabajo de los participantes. Además, todos los días le preguntará si han seguido la intervención nutricional antes de entrenar.
- En la sexta semana se volverá a pasar una prueba de esfuerzo en los grupos de entrenamiento aeróbico continuo, y en la séptima semana se les pasará a los grupos HIIT, para calcular de nuevo las intensidades de trabajo.
- Por último, en la semana 10, se les volverán a pasar las pruebas de las mediciones iniciales para evaluar las variables que pretendemos medir en esta investigación.

### **3.8. Resultados esperados**

Atendiendo a los resultados de la bibliografía consultada (Anexo I), los resultados esperados son los siguientes:

- Los cuatro grupos mejorarán su  $VO_{2\text{ pico}}$
- Todos los sujetos tendrán una reducción del peso corporal y del porcentaje de grasa corporal.
- Todos los grupos mejorarán la capacidad oxidativa muscular, esperando una mayor actividad enzimática en los grupos de ayunas.
- La actividad enzimática de la citrato sintasa y de la  $\beta$ -hidroxiacil coenzima A deshidrogenasa aumentará más en los grupos HIIT, que en los grupos de entrenamiento aeróbico continuo.

## **4. CONCLUSIONES Y VALORACIONES PERSONALES**

Tras la realización de este trabajo de fin de grado he llegado a las siguientes conclusiones:

- El campo del entrenamiento en estado de ayunas no está muy investigado y necesita más estudios para conseguir cierta evidencia científica.
- El entrenamiento tras una noche de ayuno puede mejorar la capacidad oxidativa muscular. Puede ser muy útil estudiar el entrenamiento en estado de ayunas en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC), ya que aumentar su capacidad oxidativa puede proporcionarles mayor autonomía y mejorar su calidad de vida.
- Esta investigación precisa de materiales muy costosos y de un equipo multidisciplinar que cuente con médicos, graduados en ciencias de la actividad física y el deporte y nutricionistas. Por lo tanto es difícil de llevar a cabo.

## **5. BIBLIOGRAFÍA**

- Bergström, J. (1962). *Muscle Electrolytes in Man*. Scandinavian journal of clinical and laboratory investigation. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=FfGvMwAACAAJ>
- Carbonell, A., Aparicio, V. A., Ruiz, J., Ortega, F. B., & Delgado, M. (2010). *Guía de recomendaciones para la promoción de actividad física*. (J. de Andalucía, Ed.).
- Casarnús, José Antonio; Vicente-Rodríguez, G. (2011). *Ejercicio Físico Y Salud En Poblaciones Especiales*. Exernet. Retrieved from [https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http://www.naos.aesan.msssi.gob.es/naos/ficheros/investigacion/Ejercicio\\_y\\_salud\\_en\\_poblaciones\\_especiales.pdf&ei=whjEU7TSCvLMsQSlr4DQCw&usg=AFQjCNGkoqWu18](https://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAA&url=http://www.naos.aesan.msssi.gob.es/naos/ficheros/investigacion/Ejercicio_y_salud_en_poblaciones_especiales.pdf&ei=whjEU7TSCvLMsQSlr4DQCw&usg=AFQjCNGkoqWu18)
- De Bock, K., Derave, W., Eijnde, B. O., Hesselink, M. K., Koninckx, E., Rose, a J., Hespel, P. (2008). Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 104(4), 1045–1055. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01195.2007>
- Den Hoed, M., Hesselink, M. K. C., van Kranenburg, G. P. J., & Westerterp, K. R. (2008). Habitual physical activity in daily life correlates positively with markers for mitochondrial capacity. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 105(2), 561–568. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00091.2008>
- Gillen, J. B., Percival, M. E., Ludzki, A., Tarnopolsky, M. a., & Gibala, M. J. (2013). Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women. *Obesity*, 21(11), 2249–2255. <http://doi.org/10.1002/oby.20379>
- Glickman, S. G., Marn, C. S., Supiano, M. a, & Dengel, D. R. (2004). Validity and reliability of dual-energy X-ray absorptiometry for the assessment of abdominal adiposity. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 97(2), 509–514. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.01234.2003>
- Hall, K. D., Heymsfield, S. B., Kemnitz, J. W., Klein, S., Schoeller, D. a., & Speakman, J. R. (2012). Energy balance and its components: Implications for body weight regulation. *American Journal of Clinical Nutrition*, 95(4), 989–994. <http://doi.org/10.3945/ajcn.112.036350>
- Han, T. S., Lee, D. M., Lean, M. E. J., Finn, J. D., O'Neill, T. W., Bartfai, G., Casanueva, F. F. (2015). Associations of obesity with socioeconomic and lifestyle factors in middle-aged and elderly men: European Male Aging Study (EMAS). *European Journal of Endocrinology / European Federation of Endocrine Societies*, 172(1), 59–67. <http://doi.org/10.1530/EJE-14-0739>
- Harris, J. a, & Benedict, F. G. (1918). A Biometric Study of Human Basal Metabolism. *Proceedings of the National Academy of Nutrition*, 4, 370–373. <http://doi.org/10.1073/pnas.4.12.370>

- Helsinki, D. De. (2008). Principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos. *Asociación Médica Mundial*. Retrieved from <http://www.reumatologia.org.ar/userfiles/file/investigacion-farmaco-clinica/inv clinica faltante.doc>
- Kang, J., Raines, E., Rosenberg, J., Ratamess, N., Naclerio, F., & Faigenbaum, A. (2013). Metabolic Responses During Postprandial Exercise. *Research in Sports Medicine*, 21(3), 240–252. <http://doi.org/10.1080/15438627.2013.792088>
- Little, J. P., Safdar, A., Wilkin, G. P., Tarnopolsky, M. a, & Gibala, M. J. (2010). A practical model of low-volume high-intensity interval training induces mitochondrial biogenesis in human skeletal muscle: potential mechanisms. *The Journal of Physiology*, 588(Pt 6), 1011–1022. <http://doi.org/10.1113/jphysiol.2009.181743>
- Lopes, E., Santiago, R., Bressan, J., & Martínez, J. (2014). Effectiveness of prediction equations in estimating energy expenditure sample of Brazilian and Spanish women with excess body weight. *Nutr Hosp*, 29(3), 513–518. <http://doi.org/10.3305/NH.2014.29.3.7170>
- Martín-Ramiro, J. J., Alvarez-Martín, E., & Gil-Prieto, R. (2013). [Mortality attributable to excess weight in Spain.]. *Medicina Clinica*, 142(12), 526–530. <http://doi.org/10.1016/j.medcli.2013.04.047>
- Ministerio de Sanidad y Consumo. (2013). Encuesta Nacional de Salud 2011 – 2012. *Instituto Nacional de Estadística*, 1–12. Retrieved from <http://www.ine.es/prensa/np770.pdf>
- Morales Salinas, A., & Coca, A. (2010). Obesidad, actividad física y riesgo cardiovascular: clasificación ergoantropométrica, variables farmacológicas, biomarcadores y paradoja del obeso. *Medicina Clinica*, 134(11), 492–498. <http://doi.org/10.1016/j.medcli.2009.02.038>
- Oms. (2015). European Food and Nutrition Action Plan 2015 – 2020, 5(September 2014), 15–18.
- Paoli, A., Marcolin, G., Zonin, F., Neri, M., Sivieri, A., & Pacelli, Q. F. (2011). Exercising fasting or fed to enhance fat loss? Influence of food intake on respiratory ratio and excess postexercise oxygen consumption after a bout of endurance training. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 21(1), 48–54.
- Poirier, P., Giles, T. D., Bray, G. a., Hong, Y., Stern, J. S., Pi-Sunyer, F. X., & Eckel, R. H. (2006). Obesity and cardiovascular disease: Pathophysiology, evaluation, and effect of weight loss: An update of the 1997 American Heart Association Scientific Statement on obesity and heart disease from the Obesity Committee of the Council on Nutrition, Physical. *Circulation*, 113(6), 898–918. <http://doi.org/10.1161/CIRCULATIONAHA.106.171016>

- Prospective Studies Collaboration. (2009). Body-mass index and cause-specific mortality in 900 000 adults: collaborative analyses of 57 prospective studies. *The Lancet*, 373(9669), 1083–1096. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)60318-4](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)60318-4)
- Schoenfeld, B. J., Aragon, A. A., Wilborn, C. D., Krieger, J. W., & Sonmez, G. T. (2014). Body composition changes associated with fasted versus non-fasted aerobic exercise, 1–7. <http://doi.org/10.1186/s12970-014-0054-7>
- Smith-ryan, A. E., Melvin, M. N., & Wingfield, H. L. (2015). HHS Public Access, 43(2), 107–113. <http://doi.org/10.1080/00913847.2015.1037231>.High-intensity
- Spina, R. J., Chi, M. M., Hopkins, M. G., Nemeth, P. M., Lowry, O. H., & Holloszy, J. O. (1996). Mitochondrial enzymes increase in muscle in response to 7-10 days of cycle exercise. *J Appl Physiol*, 80(6), 2250–2254. Retrieved from <http://jap.physiology.org/content/80/6/2250>
- Stannard, S. R., Buckley, A. J., Edge, J. a., & Thompson, M. W. (2010). Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 13(4), 465–469. <http://doi.org/10.1016/j.jsams.2010.03.002>
- Subcommittee on the Tenth Edition of the Recommended Dietary Allowances, Food and Nutrition Board, Commission on Life Sciences, National Research Council. (1989). *Recommended Dietary Allowances:10th Edition*.
- Tjønnå, A. E., Leinan, I. M., Bartnes, A. T., Jenssen, B. M., Gibala, M. J., Winett, R. a., & Wisløff, U. (2013). Low- and High-Volume of Intensive Endurance Training Significantly Improves Maximal Oxygen Uptake after 10-Weeks of Training in Healthy Men. *PLoS ONE*, 8(5), 1–7. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0065382>
- Toombs, R. J., Ducher, G., Shepherd, J. a., & De Souza, M. J. (2012). The Impact of Recent Technological Advances on the Trueness and Precision of DXA to Assess Body Composition. *Obesity*, 20(1), 30–39. <http://doi.org/10.1038/oby.2011.211>
- Trabelsi, K., El Abed, K., Stannard, S. R., Jammoussi, K., Zeghal, K. M., & Hakim, A. (2012). Effects of fed- versus fasted-state aerobic training during Ramadan on body composition and some metabolic parameters in physically active men. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 22(1), 11–18.
- Van Proeyen, K., Szlufcik, K., Nielens, H., Ramaekers, M., & Hespel, P. (2011). Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 110(1), 236–245. <http://doi.org/10.1152/jappphysiol.00907.2010>
- Wang, Y. C., McPherson, K., Marsh, T., Gortmaker, S. L., & Brown, M. (2011). Health and economic burden of the projected obesity trends in the USA and the UK. *The Lancet*, 378(9793), 815–825. [http://doi.org/10.1016/S0140-6736\(11\)60814-3](http://doi.org/10.1016/S0140-6736(11)60814-3)

- Webber, L., Divajeva, D., Marsh, T., McPherson, K., Brown, M., Galea, G., & Breda, J. (2014). The future burden of obesity-related diseases in the 53 WHO European-Region countries and the impact of effective interventions: a modelling study. *BMJ Open*, 4(7), e004787. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2014-004787>
- World Health Organization. (2000). Obesity: preventing and managing the global epidemic. Report of a WHO consultation. *World Health Organization Technical Report Series*, 894, i–xii, 1–253. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/11234459>

## **6. ANEXOS**





**Anexo I.** Tabla con los diferentes programas de intervención analizados sobre el entrenamiento en estado de ayuno.

Artículo	Año	Autores	Muestra	Metodología			Objetivo del estudio	Resultados	Conclusiones	Observaciones																																																	
Body composition changes associated with fasted versus non-fasted aerobic exercise	2014	(Schoenfeld et al., 2014)	20 mujeres jóvenes sanas (18-35años )	Grupos: ayuno (n=10); Alimentado (n=10)			Comparar los cambios en la composición corporal entre mujeres que entrenan en ayunas vs mujeres que entrenan sin ayunas	Ambos grupos mostraron una pérdida significativa de peso (P = 0,0005) y la masa grasa (P = 0,02) a partir de la línea de base, pero no hay diferencias significativas entre los grupos se observaron en ninguna medida de resultado.	Estos hallazgos indican que los cambios en la composición corporal asociados con el ejercicio aeróbico en conjunto con una dieta hipocalórica son similares, sin importar si es o no una persona está en ayunas antes del entrenamiento	Noche de ayuno Plemistografía																																																	
				Programa de intervención: Continuo																																																							
				Duración del programa		4 semana																																																					
				Nº sesiones semanales		3																																																					
				Duración de la sesión		1 hora																																																					
				Intensidad		70% FC <sub>máx.</sub>																																																					
				Descripción: el entrenamiento consistió en correr en el tapiz rodante																																																							
				Observaciones: Una de las limitaciones del estudio fue una duración del programa bastante breve.																																																							
				Dieta: reducción de 500 Kcal																																																							
				Grupo		Ayuno					alimentado																																																
				% HC		49%					46%																																																
				% Proteínas		24%					25%																																																
				% Lípidos		27%					29%																																																
Observaciones: el metabolismo basal fue calculado con la ecuación Mifflin-St. Jeor: 10 x peso (Kg) + 6,25 x altura (cm)- 5 x edad (años) -161																																																											
Table 2 Pre- vs. Post-study body composition measures																																																											
<table><tr><th>MEASURE</th><th>FASTED-PRE</th><th>FASTED-POST</th><th>ES</th><th>FED-PRE</th><th>FED-POST</th><th>ES</th></tr><tr><td>Weight (kg)</td><td>62.4 ± 7.8</td><td>60.8 ± 7.8*</td><td>0.21</td><td>62.0 ± 5.5</td><td>61.0 ± 5.7*</td><td>0.18</td></tr><tr><td>BMI</td><td>23.4 ± 2.9</td><td>22.8 ± 3.0*</td><td>0.20</td><td>23.3 ± 2.5</td><td>22.9 ± 2.5*</td><td>0.16</td></tr><tr><td>Body Fat%</td><td>26.3 ± 7.9</td><td>25.0 ± 7.7</td><td>0.17</td><td>24.8 ± 8.4</td><td>24.1 ± 8.5</td><td>0.08</td></tr><tr><td>Waist (cm)</td><td>77.5 ± 6.4</td><td>75.9 ± 6.9</td><td>0.24</td><td>77.7 ± 9.4</td><td>75.7 ± 8.6</td><td>0.22</td></tr><tr><td>Fat Mass (kg)</td><td>16.5 ± 5.5</td><td>15.4 ± 5.5*</td><td>0.20</td><td>15.7 ± 6.3</td><td>15.0 ± 6.1*</td><td>0.11</td></tr><tr><td>Fat Free Mass (kg)</td><td>45.9 ± 6.7</td><td>45.4 ± 6.1</td><td>0.08</td><td>46.3 ± 3.8</td><td>46.1 ± 4.3</td><td>0.05</td></tr></table>							MEASURE	FASTED-PRE	FASTED-POST	ES	FED-PRE	FED-POST	ES	Weight (kg)	62.4 ± 7.8	60.8 ± 7.8*	0.21	62.0 ± 5.5	61.0 ± 5.7*	0.18	BMI	23.4 ± 2.9	22.8 ± 3.0*	0.20	23.3 ± 2.5	22.9 ± 2.5*	0.16	Body Fat%	26.3 ± 7.9	25.0 ± 7.7	0.17	24.8 ± 8.4	24.1 ± 8.5	0.08	Waist (cm)	77.5 ± 6.4	75.9 ± 6.9	0.24	77.7 ± 9.4	75.7 ± 8.6	0.22	Fat Mass (kg)	16.5 ± 5.5	15.4 ± 5.5*	0.20	15.7 ± 6.3	15.0 ± 6.1*	0.11	Fat Free Mass (kg)	45.9 ± 6.7	45.4 ± 6.1	0.08	46.3 ± 3.8	46.1 ± 4.3	0.05	An asterisk* indicates a significant effect from baseline values.			
MEASURE	FASTED-PRE	FASTED-POST	ES	FED-PRE	FED-POST	ES																																																					
Weight (kg)	62.4 ± 7.8	60.8 ± 7.8*	0.21	62.0 ± 5.5	61.0 ± 5.7*	0.18																																																					
BMI	23.4 ± 2.9	22.8 ± 3.0*	0.20	23.3 ± 2.5	22.9 ± 2.5*	0.16																																																					
Body Fat%	26.3 ± 7.9	25.0 ± 7.7	0.17	24.8 ± 8.4	24.1 ± 8.5	0.08																																																					
Waist (cm)	77.5 ± 6.4	75.9 ± 6.9	0.24	77.7 ± 9.4	75.7 ± 8.6	0.22																																																					
Fat Mass (kg)	16.5 ± 5.5	15.4 ± 5.5*	0.20	15.7 ± 6.3	15.0 ± 6.1*	0.11																																																					
Fat Free Mass (kg)	45.9 ± 6.7	45.4 ± 6.1	0.08	46.3 ± 3.8	46.1 ± 4.3	0.05																																																					
Interval training in the fed or fasted state improves body composition and muscle oxidative capacity in overweight women	2013	(Gillen et al., 2013)	Dieciséis mujeres jóvenes con sobrepeso (27 ± 8 años, IMC: 29 ± 6 kg / m 2 , VO 2 pico : 28 ± 3 ml / kg / min)	Grupos: ayuno (n=8); alimentados (n=8)			Analizar los efectos del (HIT) realizado en estado de ayuno versus estado alimentado en la composición corporal, la capacidad oxidativa del músculo, y el control de la glucemia en las mujeres con sobrepeso / obesidad.	No hubo diferencia significativa entre FAST y FED para cualquier variable medida. La masa corporal se mantuvo sin cambios después del entrenamiento; Sin embargo, el DEXA reveló menor porcentaje de grasa en la región abdominal y piernas, así como en todo el nivel corporal ( P ≤0,05). El entrenamiento incrementó el VO2 pico pero no hubo diferencias significativas entre grupos (Alimentados: 34.3 ± 5.2 ml/kg/min vs 28.2 ± 6.1 ml/kg/min; Ayuno: 31.3 ± 5.7 ml/kg/min vs 27.4 ± 6.4 ml/kg/min) Las biopsias musculares revelaron un aumento inducido por el entrenamiento de la capacidad mitocondrial como se evidencia por el aumento de las actividades máximas de citrato sintasa y β-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa ( P ≤ 0,05). La actividad de la citrato sintasa aumento un 23% en alimentados y un 22% en ayuno. La activación de la β -hidroxiacil-Coa deshidrogenasa aumentó más en ayuno (19%) en comparación con alimentados (10%), pero la diferencia no fue significativa. No hubo ningún cambio en la sensibilidad a la insulina.	HIT es una estrategia eficiente para mejorar la composición corporal y la capacidad oxidativa muscular en las mujeres con sobrepeso / obesidad, pero el entrenamiento en estado de ayuno no altera esta respuesta.	Noche de ayuno. El grupo alimentado ingería un desayuno que le aportaba 439 Kcal (74%HC, 14%Fat, 12%proteína) una hora antes de entrenar y el grupo ayuno se tomaba lo mismo una hora después de entrenar. DEXA.																																																	
				Programa de intervención: HIT																																																							
				Duración del programa		6 semanas																																																					
				Nº sesiones semanales		3																																																					
				Duración de la sesión		25 minutos																																																					
				Intensidad		90% FC <sub>máx.</sub> en fase de trabajo																																																					
				Descripción: HIT en cicloergómetro 60 s de trabajo 60 s de recuperación x 10 veces. 3 minutos calentamiento, 2 vuelta a la calma																																																							
				Observaciones:																																																							
				Dieta: Sin dieta																																																							
				Kcal																																																							
				% HC																																																							
				% Proteínas																																																							
				% Lípidos																																																							
Observaciones:																																																											

TABLE 2 Health adaptations				
Variable	Fed		Fasted	
	Pre	Post	Pre	Post
Body mass, kg	77 ± 12	77 ± 13	79 ± 15	79 ± 15
Total fat mass, kg*	30.3 ± 7.9	29.7 ± 7.9	32.3 ± 10.3	31.7 ± 10.2
Total lean mass, kg	43.5 ± 8.2	44.1 ± 7.8	42.8 ± 5.5	43.3 ± 5.5
Percent body fat*	40.9 ± 5.8	40.1 ± 5.4	42.3 ± 8.1	41.6 ± 7.8
Abdominal fat mass, kg*	2.65 ± 0.5	2.63 ± 0.5	2.76 ± 0.9	2.66 ± 0.9
Abdominal percent fat*	47.7 ± 6.3	47.1 ± 6.4	48.2 ± 7.8	46.7 ± 8.1
Leg lean mass, kg*	15.3 ± 3.1	15.7 ± 3.1	14.7 ± 1.4	15.1 ± 1.9
Gynoid lean mass, kg*	6.4 ± 1.1	6.6 ± 1.0	6.4 ± 0.8	6.5 ± 0.7
Fasting plasma glucose, mmol/l	4.5 ± 0.6	4.4 ± 0.5	5.0 ± 0.8	4.7 ± 0.8
Fasting plasma insulin, pmol	41 ± 15	59 ± 20	54 ± 50	68 ± 66
Glucose AUC, mmol/l 3 h*	752 ± 143	720 ± 120	748 ± 63	691 ± 136
Insulin AUC, µU/ml 3 h	4325 ± 2301	5020 ± 1945	6292 ± 4670	6224 ± 4001
ISI(HOMA)	13.9 ± 5.2	10.4 ± 4.0	12.9 ± 7.8	11.2 ± 6.3
ISI(composite)	7.4 ± 1.1	5.7 ± 1.9	6.3 ± 3.1	5.9 ± 3.6
ISI(Cederholm)	70 ± 18	69 ± 18	71 ± 20	78 ± 30

Values are means ± SD. \*Significant difference of pre- versus post-training (main effect for condition such that pre-training ≠ post-training,  $P \leq 0.05$ ).

Beneficial metabolic adaptations due to endurance exercise training in the fasted state	2010	(Van Proeyen et al., 2011)	20 hombres jóvenes sanos físicamente activos.					---	--------------------------------------		Grupos: ayuno (n=10); alimentado (n=10)			<i>Programa de intervención:</i>			Duración del programa	6 semanas		Nº sesiones semanales	4		Duración de la sesión	2 sesiones 60min y 2 sesiones 90 min		Intensidad	70% VO <sub>máx</sub>		Descripción: ejercicio en bicicleta			Observaciones:			<i>Dieta:</i> isocalórica			Kcal	2.500 - 3500		% HC	65%		% Proteínas	15%		% Lípidos	20%		Observaciones: la dieta la seguían de lunes a viernes, algunos alimentos como los snacks y ciertas bebidas fueron prohibidas.																										
				Observar las diferencias entre el consumo de lípidos intramiocelulares, la tasa de oxidación de grasas, la activación de la citrato sintasa, la activación de la β-hidroxiacil-CoA deshidrogenasa y la caída de glucosa en personas que realizan un entrenamiento de resistencia en ayunas y alimentado.  No hubo cambios en el peso corporal debido a la dieta isocalórica. La tasa máxima de oxidación de grasas tuvo un incremento significativamente mayor en el grupo ayuno (+21%) en comparación con alimentados (+6%). El cociente respiratorio (RQ) fue significativamente menor en ambos grupos lo que produjo un incremento en la oxidación de grasas. El periodo de entrenamiento aumentó significativamente la actividad de la citrato sintasa (CS) en el grupo ayunas (+47%) pero no en el grupo alimentado. La actividad de la B-HAD aumento significativamente solo en el grupo ayunas y no en el alimentado. El VO<sub>2 máx</sub> aumentó de manera significativa en ambos grupos, en el grupo ayuno aumento de 56.7 ± 3.3 a 61.8 ± 3 ml/kg/min; en el grupo alimentado aumento de 57.0 ± 3.7 a 61.4 ± 2.6 ml/kg/min.  El ayuno es más eficaz que el estado alimentado para aumentar la capacidad oxidativa muscular y al mismo tiempo mejora el consumo de lípidos intramusculares. Además, F pero no CHO impedido caída de la concentración de glucosa en la sangre durante el ayuno ejercicio.  El grupo alimentado tomaba hidratos de carbono antes y durante el ejercicio. Cicloergometro para VO<sub>2máx</sub>. El grupo alimentado recibia un desayuno rico en carbohidratos 90min antes de entrenar (646-907Kcal, 85% HC 6%lipidos 9% proteína)																																																																								
Table 4. *Effects of training in the fasted state vs. training in the carbohydrate-fed state on muscle GLUT4 content, maximal mitochondrial enzyme activities, and capillary density*		F	CHO		---	--------------	--------------		GLUT4, AU				Pretest	0.79 ± 0.10	0.86 ± 0.07		Posttest	1.20 ± 0.16*	1.28 ± 0.11*		Citrate synthase, µmol·min <sup>-1</sup> ·g <sup>-1</sup> §				Pretest	245 ± 27	285 ± 33		Posttest	361 ± 35*	301 ± 45		β-HAD, µmol·min <sup>-1</sup> ·g <sup>-1</sup>				Pretest	133 ± 12	126 ± 20		Posttest	179 ± 27*	141 ± 12		Capillary density, number per fiber				Type I fibers				Pretest	4.9 ± 0.2	4.9 ± 0.2		Posttest	5.4 ± 0.1*	5.6 ± 0.2*		Type IIa fibers				Pretest	4.9 ± 0.2	4.8 ± 0.2		Posttest	5.3 ± 0.2*	5.5 ± 0.1*	Data provided are means ± SE (F: n = 6–10; CHO: n = 6–10) and represent values before (pretest) and after (posttest) a 6-wk training period in either the fasted state (F) or with ample carbohydrate intake before and during the training sessions (CHO). Total GLUT4 protein content was measured by Western blotting (expressed relative to GAPDH; AU, arbitrary units), maximal mitochondrial activities of citrate synthase and β-hydroxyacyl coenzyme A dehydrogenase (β-HAD) were measured using enzymatic spectrophotometric assays, and the number of capillaries per fiber was determined by immuno-histochemistry. \* $P < 0.05$  vs. pretest. § $P < 0.05$ , time × group effect.				

Effect of training in the fasted state on metabolic responses during exercise with carbohydrate intake	2008	(De Bock et al., 2008)	20 hombres jóvenes, físicamente activos	<b>Grupos:</b> ayunas (n=10); alimentado (n=10)		Observar si las adaptaciones musculares al entrenamiento de resistencia se ven afectados por el estado nutricional durante las sesiones de entrenamiento.	No hubo cambios en el peso corporal, el VO <sub>2pico</sub> incrementó de 52,9 ± 1.5 a 56.7 ± 1.6 ml/kg/min en el grupo ayunas (p =0.004) y de 54.3 ± 1.6 a 56.8 ± 1.2 ml/kg/min en el grupo alimentado (p =0.04) pero no hubo diferencias significativas entre los grupos. La actividad de el succinato deshidrogenasa fue similar en ambos grupos y significativamente mayor en las fibras tipo I, que en las fibras tipo IIa. Sin embargo la actividad del succinato deshidrogenasa aumentó significativamente en las fibras tipo IIa en el grupo ayunas (+47-----5, P =0,004) en comparación con el grupo alimentado (+20 %, P =0,11). 6 semanas de entrenamiento no alteran la cantidad de lípidos intracelulares independientemente del grupo o el tipo de fibra.	Las adaptaciones al entrenamiento de resistencia a corto plazo son similares entre ayuno y alimentados. Por otra parte, aunque el entrenamiento en ayunas no se tradujo en un aumento de tasa de oxidación de grasas durante el ejercicio con la ingesta de hidratos de carbono, la degradación del glucógeno fue menor en comparación con CHO.	El grupo alimentado tomaba hidratos de carbono antes y durante el ejercicio. Cicloergometro para VO <sub>2máx</sub> . El grupo alimentado recibía un desayuno rico en carbohidratos 90min antes de entrenar (722Kcal, 85% HC 4%lipidos 11% proteína)
				<i>Programa de intervención:</i>					
				<b>Duración del programa</b>	6 semanas				
				<b>Nº sesiones semanales</b>	3				
				<b>Duración de la sesión</b>	60 min al principio del programa; 120 min al final del programa				
				<b>Intensidad</b>	171 ± 4 W				
				<b>Descripción:</b> entrenaban en cicloergómetro a la intensidad mostrada anteriormente					
				<b>Observaciones:</b> se agrupaban por parjas al entrenar, uno de cada grupo y el del grupo alimentado debía ajustarse al grupo ayunas					
				<i>Dieta:</i>					
				<b>Kcal</b>	2865 ± 151 Kcal				
				<b>% HC</b>	65%				
				<b>% Proteínas</b>	15%				
				<b>% Lípidos</b>	20%				
				<b>Observaciones:</b> dieta de lunes a viernes. Algunos alimentos como los snacks y ciertas bebidas fueron prohibidas.					

Table 1. *Effect of training in the fasted versus carbohydrate-fed state on SDH activity*

State	Type I Fibers		Type IIa Fibers		<i>P</i> Value
	Pretraining	Posttraining	Pretraining	Posttraining	
F	8.4±1.2	11.5±1.4*	6.0±1.0	8.8±1.2*	<.0001
CHO	9.2±0.8	11.6±0.5*	7.4±0.9	8.8±0.7	

Data are expressed as means ± SE. SDH (in arbitrary units) activity for type I and type IIa fibers before (Pretraining) and after (Posttraining) a 6-wk training period as determined by histochemical staining. F, fasted; CHO, carbohydrate fed. \**P* < 0.05 compared with Pretraining. No interaction between training and group was detected.

Effects of Fed-Versus Fasted-State Aerobic Training During Ramadan on Body Composition and Some Metabolic Parameters in Physically Active Men	2012	(Trabelsi et al., 2012)	19 hombres físicamente activos	<b>Grupos:</b> ayunas (n=10); alimentado (n=9)		El objetivo de este estudio fue evaluar los efectos del entrenamiento aeróbico en estado de ayuna y en estado alimentado durante el Ramadan sobre la composición corporal y parámetros metabólicos en hombres físicamente activos	Hubo una reducción del peso corporal en ambos grupos, 1.9 % en el grupo ayunas (p <0.001= y un 2.6 % en el grupo alimentado (p=0.046). Sin embargo el porcentaje de grasa corporal solo disminuyó un 6,2 % en el grupo ayunas (p=0.016).	El ejercicio aeróbico en estado de ayunas disminuye el peso corporal y la grasa corporal. Por el contrario el entrenamiento aeróbico en estado alimentado solo redujo el peso corporal. Además, el ayuno durante el Ramadan produce cambios de algunos parámetros metabólicos en los que se alimentan, dichos cambios no se observan en los que realizan un ayuno más prolongado.	RPE Pliegues cutáneos.
				<b>Programa de intervención:</b>					
				<b>Duración del programa</b>	31 días				
				<b>Nº sesiones semanales</b>	3				
				<b>Duración de la sesión</b>	40-60 minutos				
				<b>Intensidad</b>	60-80% FC <sub>máx.</sub>				
				<b>Descripción:</b> de las 3 sesiones semanales, una era con bicicleta, otra corriendo y otra en máquina de remo con cicloergometro.					
				<b>Observaciones:</b> las sesiones del grupo ayuno se realizaban entre las 16:00 y 18:00h de la tarde, las sesiones en el grupo alimentado se realizaron entre las 21:30 y 22:30 h de la noche tras haber roto el estado de ayunas.					
				<b>Dieta:</b>					
				<b>Kcal</b>					
				<b>% HC</b>					
				<b>% Proteínas</b>					
				<b>% Lípidos</b>					
				<b>Observaciones:</b>					

Table 4 Body Weight and Body Composition During the Four Phases of the Study, <i>M</i> ± <i>SD</i>						
		Group	Bef-R	Mid-R	End-R	Post-R
Weight (kg)		FAST	79.2 ± 3.0	78.1 ± 3.0*	77.7 ± 3.0***	78.7 ± 2.7
		FED	80.5 ± 4.6	79.1 ± 4.4	78.4 ± 4.6*	79.4 ± 4.8
Body fat %		FAST	19.4 ± 1.3	18.6 ± 1.5	18.2 ± 0.7*	18.9 ± 1.5
		FED	19.3 ± 1.2	18.8 ± 1.0	18.5 ± 0.9	18.9 ± 1.1
Lean body mass (kg)		FAST	63.8 ± 3.0	63.6 ± 2.7	63.6 ± 2.7	63.9 ± 3.1
		FED	65.0 ± 3.9	64.2 ± 3.6	63.9 ± 4.0	64.4 ± 4.1
<i>Note.</i> Bef-R = before Ramadan, 4 days before beginning the fast; Mid-R = middle of Ramadan, 15 days after beginning the fast; End-R = end of Ramadan, 30 days after beginning the fast; Post-R = after Ramadan, 21 days after the conclusion of the fast; FAST = subjects training in a fasted state; FED = subjects training in a fed state.						
Significantly different from Bef-R: * <i>p</i> < .05; *** <i>p</i> < .001.						

Adaptations to skeletal muscle with endurance exercise training in the acutely fed versus overnight-fasted state	2010	(Stannard et al., 2010)	8 mujeres y 6 hombres adultos sanos desentrenados.	Grupos: Ayuno (n=7); alimentado (n=7)		El objetivo del estudio fue comparar diferentes adaptaciones al entrenamiento de resistencia en estado alimentado o en ayuno desde por la noche	El entrenamiento incrementó significativamente la actividad de la citrato sintasa (p<0.001), pero no hubo diferencia significativa entre ambos grupos. Sin embargo, la actividad de la citrato sintasa se incrementa mas en hombres en estado de ayuno, en comparación con las mujeres que aumenta más en estado alimentado(p =0.011). La actividad de la 3- hidroxil CoA deshidrogenasa (HAD) no sufrió cambio significativos durante el entrenamiento. El grupo ayuno incrementó un 9.7 % el VO <sub>2</sub> pico, mientras que el grupo alimentado incremento su VO <sub>2</sub> pico un 2,5 % (P=0.014)	El entrenamiento en estado de ayunas puede acelerar algunas de las adaptaciones bioquímicas que se producen normalmente después del entrenamiento. Sin embargo, estas adaptaciones en el musculo esqueléticos son ligeramente diferentes entre hombres y mujeres.	
				Programa de intervención:					
				Duración del programa	4 semanas				
				Nº sesiones semanales	5				
				Duración de la sesión	25 min la primera semana, 50 min la segunda semana, 75 min la tercera semana, 100min la última semana.				
				Intensidad	65% VO <sub>2</sub> pico				
				Descripción: las sesiones consistían en entrenamiento de resistencia en cicloergómetro.					
				Observaciones:					
				Dieta:					
				Kcal					
				% HC					
				% Proteínas					
				% Lípidos					
Observaciones:									

Table 1			
VO <sub>2peak</sub> pre- and post-training and <i>V. lateralis</i> biochemical analyses.			
Training group	Pre-training	Post-training	% Change
VO <sub>2peak</sub> (l/min)			
Fasted-trained ( <i>n</i> = 7)	3.52 ± 0.76	3.86 ± 0.86	9.7 <sup>*,†</sup>
Fed-trained ( <i>n</i> = 7)	3.45 ± 0.64	3.53 ± 0.63	2.5
HAD activity (μmol/g wet muscle/min)			
Fasted-trained ( <i>n</i> = 7)	8.08 ± 2.3	8.36 ± 2.5	3.5
Fed-trained ( <i>n</i> = 7)	8.42 ± 1.3	9.19 ± 2.0	9.1
CS activity (μmol/g wet muscle/min)			
Fasted-trained ( <i>n</i> = 7)	19.0 ± 4.2	22.4 ± 3.6 <sup>*</sup>	17.9
Fed-trained ( <i>n</i> = 7)	20.9 ± 2.2	24.9 ± 4.1 <sup>*</sup>	19.1
Muscle glycogen content (mmol/kg dry muscle)			
Fasted-trained ( <i>n</i> = 6) <sup>#</sup>	464 ± 121	718 ± 123 <sup>*,†</sup>	54.7
Fed-trained ( <i>n</i> = 7)	545 ± 112	561 ± 181	2.9
Values are means for each training group ± SD.			
<sup>*</sup> Denotes a significant difference between pre- and post-training values ( <i>P</i> < 0.05).			
<sup>†</sup> Denotes a significantly different ( <i>P</i> < 0.05) change compared to fed-trained group.			
<sup>#</sup> Insufficient biopsy sample to enable glycogen analysis in one subject meant that only 6 FAST group subjects could be analysed for glycogen content.			

## Anexo II. Consentimiento informado

### CONSENTIMIENTO INFORMADO

Esta hoja es específica para participar proyecto titulado:

**“AYUNO”**

Yo,.....(Nombre y apellidos)

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He podido hacer preguntas sobre el estudio.

He hablado con: ..... (Nombre del investigador)

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin tener que dar explicaciones
- Sin que esto repercuta en mi situación escolar

Presto libremente mi conformidad para participar en el estudio y estoy de acuerdo con que me realicen las siguientes pruebas:

- i) Encuestas y cuestionarios relativos a parámetros de salud, etc.
- ii) Valoración de la composición corporal y pruebas de condición física.
- iii) Biopsia muscular.

Los riesgos de biopsia muscular son pequeños, pero pueden ser:

- Sangrado
- Hematoma
- Daño en el tejido muscular o de otros tejidos en el área (muy poco común)
- Infección (un riesgo leve, presente cada vez que se presenta ruptura de la piel).

He recibido una copia firmada de este consentimiento informado.

Firma del participante: .....

Fecha: .....

He explicado la naturaleza y el propósito del estudio al adolescente mencionado.

Firma del investigador: .....

Fecha: .....

**Anexo III.** Ejemplo dieta para un sujeto que pertenece al grupo AYEAC

Grupo			AYEAC	
Semana		2	Día	Domingo
Hora		Alimentos	Cantidades	
Desayuno	08:00h	Leche desnatada	50 ml	
		Café	50 ml	
		Zumo naranja natural	200 ml	
		Pan trigo y Centeno	80 g	
		Miel	15 g	
Media Mañana	11:00h	Muesli	50 g	
		Miel	15 g	
		Leche	150 ml	
		Cerezas	200 g	
Almuerzo	14:00h	Lentejas con arroz		
		Pimientos rellenos		
		Pan	60 g	
		Naranja	150 g	
Merienda	19:00h	Crema de espinacas		
		Pan con tomate	120 g	
		Atún a la plancha	60 g	
		Fresas	200 g	
Platos cocinados				
Nombre		Alimentos	Cantidades	
Lentejas con arroz		Aceite de oliva	10 ml	
		Tomate	50 g	
		Cebolla	20 g	
		Patata	60 g	
		Lentejas hervidas	100 g	
		Arroz hervido	50 g	
Pimientos rellenos		Cebolla	20 g	
		Nata	20 g	
		Pimiento rojo hervido	120 g	
		Merluza	50 g	
		Gambas	20 g	
		Salsa de tomate	50 g	
Crema de espinacas		Leche	20 ml	
		Patata	50 g	
		Espinacas hervidas	200 g	
Porcentaje de Macronutrientes				
Kcal		Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
2007, 3 Kcal		59,3 %	17,2 %	23,4%

Grupo		AYEAC	
Semana	2	Día	Lunes
Hora		Alimentos	Cantidades
Desayuno	09:30h	Leche desnatada	50 ml
		Café	50 ml
		Zumo naranja natural	200 ml
		Pan trigo y Centeno	80 g
		Miel	15 g
Media Mañana	11:00h	Yogur líquido	200 ml
		Nueces	30 g
Almuerzo	14:00h	Ensalada de coliflor	*
		Espaguetis a la carbonara	*
		Pan	60 g
		Sandía	200 g
Tentempié	19:00h	Peras	250 g
Cena	21:00h	Crema de calabacín	*
		Revuelto de espárragos	*
		Pan	60 g
		Macedonia	200 g
Platos cocinados			
Nombre		Alimentos	Cantidades
Ensalada de coliflor		Coliflor	160 g
		Huevo	60 g
		Aceite	10 ml
		Coles de bruselas	40 g
Espaguetis a la carbonara		Espaguetis	250 g
		Nata	30 g
		Pollo	30 g
		Champiñón	30 g
Crema de calabacín		Calabacín	250 g
		Patata	50 g
		Cebolla	20 g
Revuelto de espárragos		Huevo	60 g
		Espárrgos	200 g
Porcentaje de Macronutrientes			
Kcal	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
1868,8	59,4	15,1	25,3



Grupo		AYEAC	
Semana	2	Día	Martes
Hora		Alimentos	Cantidades
Desayuno	08:00h	Leche desnatada	50 ml
		Café	50 ml
		Zumo naranja natural	200 ml
		Pan trigo y Centeno	80 g
		Miel	15 g
Media Mañana	11:00h	Pan	40 g
		Pavo	30 g
Almuerzo	14:00h	Menestra de verduras	200 g
		Guiso de patatas	* 60 g
		Pan	100 g
		Plátano	
Tentempié	16:00h	Macedonia de frutas	200 g
Merienda	19:00h	Arroz con verduras	*
		Tortilla francesa	(2 huevos)
		Pan	60 g
		Cerezas	100 g
Platos cocinados			
Nombre		Alimentos	Cantidades
Guiso de patatas	Patatas	250 g	
	Costillas de cerdo	60 g	
	Judías verdes	30 g	
	Zanahoria	30 g	
	Aceite de oliva	10 ml	
Arroz con verduras	Arroz	75 g	
	Ajo	20 g	
	Col lombarda	100 g	
	Zanahoria	100g	
Porcentaje de Macronutrientes			
Kcal	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
2042,6	63	15	22

**Anexo IV.** Ejemplo dieta para un sujeto que pertenece al grupo AEAC

Grupo		AEAC	
Semana	2	Día	Domingo
Hora		Alimentos	Cantidades
Desayuno	07:30h	Leche desnatada	50 ml
		Café	50 ml
		Zumo naranja natural	200 ml
		Pan trigo y Centeno	80 g
		Miel	15 g
Media Mañana	11:00h	Manzana	200 g
		Almendra cruda	30 g
Almuerzo	14:30h	Puré de garbanzos	*
		Merluza con crema de champiñones y guisantes	*
		Pan	60 g
		Melón	200 g
Merienda	18:00h	Bocadillo de pavo:	
		Pan de trigo y centeno	60 g
		Pavo	30 g
Cena	21:30h	Arroz salteado	*
		Ensalada acelgas	*
		Pan	60 g
		Macedonia	100 g
Platos cocinados			
Nombre		Alimentos	Cantidades
Puré de garbanzos		Garbanzos cocidos	70 g
		Aceite de oliva	5 ml
		Vinagre	10 ml
		Puerro	50 g
		Zanahoria hervida	100 g
		Cebolla	30 g
Merluza con crema de champiñones y guisantes		Merluza	100 g
		Aceite de oliva	5 ml
		Champiñón	50 g
		Guisantes	30 g
Arroz salteado		Arroz	75 g
		Ajo	20 g
		Aceite de oliva	10 ml
		Champiñón	50 g
Ensalada de acelgas		Acelgas hervidas	130 g
		Espárragos	100 g
Porcentaje de Macronutrientes			
Kcal	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
2011,7	61	16,6	22,1

Grupo		AEAC	
Semana	2	Día	Lunes
Hora		Alimentos	Cantidades
Desayuno	07:30h	Leche desnatada	50 ml
		Café	50 ml
		Zumo naranja natural	200 ml
		Pan trigo y Centeno	80 g
		Miel	15 g
Media Mañana	11:00h	Yogur	125 g
		Avena	30 g
		Confitura	30 g
Almuerzo	14:30h	Ensalada pasta	*
		Crema de calabacín	*
		Pollo asado	80 g
		Pan	60 g
		Kiwi	100 g
Merienda	18:00h	Galletas María	50 g
		Manzana	200 g
Cena	21:30h	Aliño de patata	*
		Menestra de huevo	*
		Pan	60 g
		Sandía	150 g
Platos cocinados			
Nombre		Alimentos	Cantidades
Ensalada de pasta	Pasta hervida	180 g	
	Cebolla	30 g	
	Tomate	50 g	
	Maíz	30 g	
	Atún	50 g	
	Queso fresco	30 g	
	Aceite de oliva	5 ml	
Crema de calabacín	Calabacín hervido	150 g	
	Puerro hervido	30 g	
	Cebolla hervida	20 g	
Menestra con huevo	Judías verdes	50 g	
	hervidas	50 g	
	Zanahoria hervida	60 g	
	Huevo hervido duro	50 g	
	Espárragos hervidos	50 g	
Aliño de patatas	Patatas al horno	150 g	
	Aceite de oliva	10 ml	
Porcentaje de Macronutrientes			
Kcal	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
2170,7	63,2	16,9	19,9

Grupo		AEAC	
Semana	2	Día	Martes
Hora		Alimentos	Cantidades
Desayuno	07:30h	Leche desnatada Café Zumo naranja natural Pan trigo y Centeno Miel	50 ml 50 ml 200 ml 80 g 15 g
Media Mañana	11:00h	Pan Jamón serrano	40 g 20 g
Almuerzo	14:30h	Salmorejo Fideuá con marisco Pan Melocotón	* * 60 g 200 g
Merienda	18:00h	Yogur Cereales Pasas	125 g 30 g 30 g
Cena	21:30h	Arroz a la jardinera con pollo Boniato	* 160 g
Platos cocinados			
Nombre		Alimentos	Cantidades
Salmorejo		Tomate	50 g
		Pimiento rojo	60 g
		Pepino	20 g
		Pan	25 g
		Aceite de oliva	10 ml
Fideuá con marisco		Fideos hervidos	200 g
		Tomate	75 g
		Patata	150 g
		Mejillón	20 g
		Cigala	50 g
Arroz a la jardinera con pollo		Pollo	100 g
		Arroz hervido	80 g
		Coliflor	40 g
		Zanahoria	30 g
		Judías verdes	30 g
Porcentaje de Macronutrientes			
Kcal	Hidratos de carbono	Proteínas	Grasas
2042,3	65,6	16,9	17,3